



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of

Suguru SASAKI

Serial No.: 10/673,676

Filed: September 30, 2003

Attorney Docket No.: OKI.581

For: OPTIMIZATION METHOD OF APERTURE TYPE OF PROJECTION ALIGNER

**CLAIM OF PRIORITY**

U.S. Patent and Trademark Office  
2011 South Clark Place  
Customer Window, Mail Stop Patent Application  
Crystal Plaza Two, Lobby, Room 1B03  
Arlington, VA 22202

Applicant, in the above-identified application, hereby claims the priority date under the International Convention of the following Japanese application:

Appln. No. 2002-288304

filed October 1, 2002

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, P.L.L.C.



Adam C. Volentine  
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150  
Reston, Virginia 20191  
Tel. (703) 715-0870  
Fax. (703) 715-0877

Date: February 12, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年10月 1日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-288304

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-288304 ]

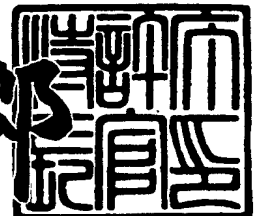
出 願 人  
Applicant(s):

沖電気工業株式会社

2003年 2月14日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3006955

【書類名】 特許願

【整理番号】 SI004077

【提出日】 平成14年10月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/27

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社  
社内

    【氏名】 佐々木 俊

【特許出願人】

    【識別番号】 000000295

    【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100089635

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 清水 守

【選任した代理人】

    【識別番号】 100096426

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川合 誠

【選任した代理人】

    【識別番号】 100116207

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 青木 俊明

【選任した代理人】

    【識別番号】 100118670

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 及川 泰嘉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012128

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9001052

【包括委任状番号】 9001053

【包括委任状番号】 0008808

【包括委任状番号】 0104135

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、該分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、各点光源に対しての複数のパターンを対象として前記投影露光装置のフォーカス変動を考慮してウエハ上での規格化像強度勾配を求め、前記投影露光装置の露光量変動とは一次の関数で関連付けられる光強度の規格化像強度勾配を指標として用い、各々のパターンに対して最適化されたアパーチャ形状の共通開口部を選択し、該共通開口部を複数のパターンに対して最適なアパーチャ形状とすることを特徴とする投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法。

【請求項 2】 投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、該分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合と該点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、前記有効光源座標上において、原点に最も近い点光源を通る円をアパーチャ開口部の内径とし、最も遠い点光源を通る円をアパーチャ開口部の外径とし、前記有効光源座標上の各象限において前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源位置を各象限の扇型アパーチャ形状の中心とし、該扇型アパーチャの中心と原点とを結ぶ第一の直線から方位角が正の方向に最も離れた点光源を通る、第一の直線に平行な直線を第二の直線とし、前記扇型アパーチャの中心と原点とを結ぶ第一の直線から方位角が負の方向に最も離れた点光源を通り、第一の直線に平行な直線を第三の直線とし、前記アパーチャ開口部の内径と外径と第二の直線と第三の直線とにより囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする投影露光装置のアパーチャ

ャ形状の最適化方法。

【請求項3】 投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、該分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合と該点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、前記規格化像強度勾配が最大値を持つ点光源位置を各象限の円の中心とし、かつ該円の中心点から各象限において最も離れた点光源とを結ぶ線分を半径とした円と、前記投影露光装置の最大 $\sigma$ の描く円とで囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法。

【請求項4】 投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、該分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合と該点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、各象限において原点に最も近い点光源を通り中心が原点にある円を扇の内径とし、各象限において原点から最も遠い点光源を通り中心が原点にある円を扇の外径とし、各象限において各点光源と原点とを結ぶ直線のうち、該直線の傾きが最大となる点光源と原点とを結ぶ直線を第一の直線とし、各象限において点光源と原点とを結ぶ直線のうち、該直線の傾きが最小となる点光源と原点とを結ぶ直線を第二の直線とし、前記扇の内径、外径、前記第一の直線、第二の直線とで囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

下記特許文献1によれば、大開口の投影光学系における結像分布の3次元ベクトル成分を、単純素朴な方法で計算できる投影光学像のシミュレーションを行うために、マスクおよび瞳面を格子状に分割し、これに整合させて、マスク面から発生する光線、および瞳面上に投影される光源の回折像から発生する光線を追跡し、結像面上の電磁界および強度の和を計算するようにしている。

【0003】

また、下記特許文献2によれば、交換の手間をかけずに種々のパターンに適用できる変形照明用のアパーチャ、露光装置およびパターン形成を実現するために、金属板を重ね合わせて帯形状の中央遮蔽部を構成し、その両端には端遮蔽部を配置する。第1、第2のつまみを回すことにより、中央遮蔽部の幅および端遮蔽部の相互間隔が変化する。これにより、中央遮蔽部と端遮蔽部の間に幅寸法可変のスリットを有する可変式アパーチャが得られ、一つの可変式アパーチャで種々のパターンに適用させるようにしている。

【0004】

ところで、半導体プロセスのリソグラフィ工程において、光の波長によって決まる理論的解像度よりも微細なパターンを形成するために、いわゆる斜入射照明と呼ばれる照明方法が用いられることがある。

【0005】

【特許文献1】

特開平7-37769号公報、(第4-7頁、図2、図3)

【特許文献2】

特開平11-195592号公報(第3頁、図1)

【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

L S I のリソグラフィ工程においては、空間周波数の大きい（繰り返しの周期が小さい）パターンと、空間周波数の小さい（繰り返しの周期が大きい）パターンを一回の露光で同時に形成する必要があることが多い。リソグラフィ工程において、パターンの寸法を変動させる様々な要因があるが、主に露光機のフォーカス変動マージンと露光量変動マージンを用いて、寸法の精度を保証するためのリソグラフィ工程の代表的なマージンとしている。

## 【0 0 0 7】

しかしながら、最適化される対象のパターンの種類は、最小寸法を持つライン・アンド・スペース（ $L/S$ ）の繰り返しパターンに特化されている。すなわち、投影レンズに入ることができる最大の空間周波数を持つパターンの解像特性を上げるためにアパーチャの形状最適化が行われている。

## 【0 0 0 8】

本発明は、上記状況に鑑みて、最適化の対象となるパターンのフォーカス変動マージン及び露光量変動マージンを拡大することができる投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法を提供することを目的とする。

## 【0 0 0 9】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕 投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法において、投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、この分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、各点光源に対しての複数のパターンを対象として前記投影露光装置のフォーカス変動を考慮してウエハ上での規格化像強度勾配を求め、前記投影露光装置の露光量変動とは一次の関数で関連付けられる光強度の規格化像強度勾配を指標として用い、各々のパターンに対して最適化されたアパーチャ形状の共通開口部を選択し、この共通開口部を複数のパターンに対して最適なアパーチャ形状とすることを特徴とする。

## 【0 0 1 0】



〔2〕 投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法において、投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、この分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合とこの点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、前記有効光源座標上において、原点に最も近い点光源を通る円をアパーチャ開口部の内径とし、最も遠い点光源を通る円をアパーチャ開口部の外径とし、前記有効光源座標上の各象限において前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源位置を各象限の扇型アパーチャ形状の中心とし、この扇型アパーチャの中心と原点とを結ぶ第一の直線から方位角が正の方向に最も離れた点光源を通る、第一の直線に平行な直線を第二の直線とし、前記扇型アパーチャの中心と原点とを結ぶ第一の直線から方位角が負の方向に最も離れた点光源を通り、第一の直線に平行な直線を第三の直線とし、前記アパーチャ開口部の内径と外径と第二の直線と第三の直線とにより囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする。

#### 【0011】

〔3〕 投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法において、投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、この分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合とこの点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、前記規格化像強度勾配が最大値を持つ点光源位置を各象限の円の中心とし、かつこの円の中心点から各象限において最も離れた点光源

とを結ぶ線分を半径とした円と、前記投影露光装置の最大 $\sigma$ の描く円とで囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする。

#### 【0012】

〔4〕投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法において、投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りによって制限する場合において、前記有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、この分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、前記投影露光装置のフォーカス変動と露光量変動に対して高いマージンを持つ点光源を選び、前記点光源の集合とこの点光源の持つ規格化像強度勾配を得た後、有効光源座標上の第一から第四までの各象限において、前記規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除き、各象限において原点に最も近い点光源を通り中心が原点にある円を扇の内径とし、各象限において原点から最も遠い点光源を通り中心が原点にある円を扇の外径とし、各象限において各点光源と原点とを結ぶ直線のうち、この直線の傾きが最大となる点光源と原点とを結ぶ直線を第一の直線とし、各象限において点光源と原点とを結ぶ直線のうち、この直線の傾きが最小となる点光源と原点とを結ぶ直線を第二の直線とし、前記扇の内径、外径、前記第一の直線、第二の直線とで囲まれる領域を各象限のアパーチャ開口部とすることを特徴とする。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

#### 【0014】

まず、本発明の第1実施例について図を参照しながら説明する。

#### 【0015】

図1は本発明の第1実施例を示す投影露光装置の模式図であり、図1(a-1)は光源部の模式図、図1(a-2)は図1(a-1)の部分拡大図、図1(b)はその投影露光装置の全体構成を示す模式図である。

#### 【0016】

これらの図において、101は1で規格化された有効光源座標上の半径1の円、102は露光装置の最大 $\sigma$ 内に配置された点光源、103は有効光源座標（ $x-y$ 座標）、104は配置された1個の点光源のイメージ、105はレチクルへの入射光、106はレチクル、107はレチクル上のパターン、108はレチクル上のパターンによる回折光、109は投影レンズ、110はウエハ、111はレジストに転写されたパターンのイメージである。

【0017】

始めに、アパーチャの座標系を有効光源座標103であるとして、図1（a-1）に示すように、有効光源を網目状の領域に分割し、各領域が一つの点光源104であると仮定する。ここで、有効光源とは投影露光装置のコヒーレンスが $\sigma$ の場合、図1の $x-y$ 座標103上において、半径 $\sigma$ の円内の領域のことである。この各点光源104は有効光源座標103の分割された微小領域を十分小さく取れば微小なアパーチャ開口部とみなせる。そして、多数の点光源104が集まってできた領域は、全体として一つのアパーチャ開口部とみなすことができる。

【0018】

本実施例においては、有効光源座標103の分割数は、 $|x| \leq 1$ 、 $|y| \leq 1$ の領域をそれぞれ50ずつに分割している。図1（b）はパターンの幅とピッチ寸法が変わった場合を示している。

【0019】

次に、図を参照しながらアパーチャ最適化方法の流れを説明する。

【0020】

図2は本発明にかかるアパーチャ最適化方法のフローチャートである。

【0021】

この図において、〔1〕まず、アパーチャ形状の最適化に用いるパターンを指定する（ステップS201）。本実施例では、一次元方向に繰り返しを持つL/Sパターンを用い、図3（a）に示すウエハ上座標のX軸方向に繰り返しピッチ $P1 = 0.32 \mu m$ でライン幅 $w1 = 0.13 \mu m$ を持つL/Sパターン1と、図3（b）に示すウエハ上座標のX軸方向に繰り返しピッチ $P2 = 1 \mu m$ でライン幅 $w2 = 0.13 \mu m$ を持つL/Sパターン2を指定する。

## 【 0 0 2 2 】

上記のピッチとラインの幅の異なる二種類の L / S パターンを図 2 のステップ S 2 0 1 において指定すると、本実施例のアパーチャ形状の最適化においては、図 3 ( a ) に示すパターン 1 を 9 0 度回転させた Y 軸方向に繰り返しを持つ図 3 ( c ) に示すパターン 3 と、図 3 ( b ) に示すパターン 2 を 9 0 度回転させた Y 軸方向に繰り返しを持つ図 3 ( d ) のパターン 4 も含めた、合計 4 パターンに対しての最適化を行う。

## 【 0 0 2 3 】

ただし、図 2 に示すステップ S 2 0 6 において、パターン 3 に対してはパターン 1、パターン 4 に対してはパターン 2 の計算結果を利用してパターン 3 及びパターン 4 の計算結果を算出できるため、ステップ S 2 0 1 においてはパターン 1 及びパターン 2 を指定するだけでよい。

## 【 0 0 2 4 】

〔 2 〕次に、ステップ S 2 0 2 において、アパーチャ形状の最適化を行うに当たり、考慮する投影露光装置のデフォーカス量を指定する。本実施例では、ベストフォーカスと、プロセスに必要なデフォーカス量  $0.3 \mu\text{m}$  の 2 つとする。本実施例においては、考慮するデフォーカス量を 2 つとしたが、異なるデフォーカス量を 3 つ以上指定してアパーチャ形状の最適化を行っても良い。また、本実施例においては、パターン 1 とパターン 2 で同一のデフォーカス量、すなわちベストフォーカスと、プロセスに必要なデフォーカス量  $0.3 \mu\text{m}$  の 2 つとしているが、それぞれのパターンに対して異なるデフォーカス量を指定してアパーチャ最適化を行っても良い。

## 【 0 0 2 5 】

〔 3 〕次に、ステップ S 2 0 3 において、パターンの繰り返し方向がウエハ上座標の X 軸方向の場合と、Y 軸方向の場合について、それぞれ計算を行う。すなわち、パターン 1 でステップ S 2 0 3 に来たとすると、パターン 1 の繰り返し方向はウエハ上座標で X 軸方向であるから、x 軸方向において、ステップ S 2 0 4 とステップ S 2 0 5 の計算を行った後、この計算結果を元にステップ S 2 0 3 に戻り、繰り返し方向がウエハ上座標で Y 軸方向であるパターン 3 に対して、ステ

ップ S 2 0 4 とステップ S 2 0 5 の計算を行う。

【 0 0 2 6 】

〔 4 〕 次に、ステップ S 2 0 4 において、式 ( 1 ) によって有効光源座標上での各点に配置された光源について、ウエハ上でパターンの目標寸法となる位置 ( X, Y ) での光振幅強度を求める。これは式 ( 1 ) のように二次元行列 A ( X, Y, f ) で表すことができる。

【 0 0 2 7 】

$$A ( X, Y, f ) = \sum F ( N, s ) K ( N, s, f ) \exp [ 2 \pi ( N / P ) + ( x N A / \lambda ) ] X \} \quad \cdots ( 1 )$$

ここで、X と Y はウエハ上の座標、f は露光装置のデフォーカス量を表しており、 $\Sigma$  は有効光源座標上の点 ( x, y ) に位置する点光源 s ( x, y ) について和を取ることを意味する。

【 0 0 2 8 】

F ( N, s ) は、各点光源 s ( x, y ) からレチクルによって回折され、投影レンズに入ることのできる回折次数 N を持つフーリエ成分を表す。K ( N, s, f ) はデフォーカス量 f のときのいわゆる瞳関数であり、P はパターンの繰り返し周期、NA は投影レンズの開口数、 $\lambda$  は露光波長である。

【 0 0 2 9 】

式 ( 1 ) を用いて、デフォーカスが f のときの各々の点光源によるウエハ上の光強度分布 I ( X, Y, f ) は、式 ( 2 ) のように表される。

【 0 0 3 0 】

$$I ( X, Y, f ) = A^* ( X, Y, f ) A ( X, Y, f ) \quad \cdots ( 2 )$$

ここで、 $A^* ( X, Y, f )$  は A ( X, Y, f ) の複素共役を表す。

【 0 0 3 1 】

〔 5 〕 次に、ステップ S 2 0 5 においては、ウエハ上のパターンのエッジ部での、いわゆる規格化像強度勾配 ( N I L S ) を各点光源について求める。これは、L / S のラインパターンのエッジ位置を ( w 1 / 2, 0 ) とすると、式 ( 3 ) のようにして求められる。

【 0 0 3 2 】

$$N I L S s (w 1 / 2, 0, f) = w 1 \cdot d [ \ln [ I (w 1 / 2, 0, f) ] ] / d X \quad \dots (3)$$

ここで、 $N I L S s$ は有効光源座標上の点 $(x, y)$ に位置する点光源 $s(x, y)$ についての $N I L S$ 値であることを表し、 $f$ はデフォーカス量を表している。また、 $w 1$ はパターン1のライン幅であり、 $\ln [ ]$ は自然対数を取ることを意味し、 $d [ ] / d X$ はウエハ上座標 $(X, Y)$ において、 $X$ についての微分を取ることを表している。

#### 【0033】

〔6〕次に、ステップS206において、ステップS205で求めたパターン繰り返し方向がX軸方向であるかY軸方向であるかに対する $N I L S$ 値の平均値を求める。これは各々の点光源に対して行う。図4にステップS206で計算されたパターン1及びパターン3に対して平均化された各点光源の持つ $N I L S$ を示す。図4(a)は $f = 0$ すなわちベストフォーカスの時、図4(b)は $f = 0.3 \mu m$ の時の結果である。白色の領域にある点光源が大きな $N I L S$ を持つことを示している。

#### 【0034】

〔7〕次に、ステップS207では有効光源座標上の各点光源に対して、ある閾値 $N I L S_{t h}$ 以上の $N I L S$ 値を持つ点光源だけを選び出す計算を行う。本実施例においては、閾値 $N I L S_{t h}$ を以下のようにして決定する。 $N I L S$ と露光量マージン $E L (\%)$ は式(4)の一次関数で関連付けられる〔例えば、参考文献「Inside PROLITH」, pp144-151, 1997, リソテックジャパン株式会社(C. A. Mack著 松澤 敏晴訳)参照〕。

#### 【0035】

$$E L (\%) = a \cdot (N I L S - b) \quad \dots (4)$$

この式から、露光量マージン $E L$ を大きくするためには、光強度分布の $N I L S$ が大きくなってはならないということが分かる。定数 $a$ と $b$ はレジストプロセス等によって変わるが、本発明の検証に用いたプロセスにおいては、図5に示す $E L$ と $N I L S$ の関係を一次関数でフィッティングしたグラフの傾きと切片から、近似的に $a = 3.1$ 、 $b = -0.31$ となる。この値を式(4)に代入すると

、6%のELを得るためには、1.6のNILSが必要となることが分かる。本実施例に用いたNILS<sub>th</sub>は、すべてのパターンに対して同じ値を用いているが、パターン毎に異なる値を用いてもよい。

#### 【0036】

上述した閾値NILS<sub>th</sub>を用いて、ステップS207において、各点光源に属するNILS値が閾値NILS<sub>th</sub>=1.6以上であるか否かの判定を各点光源について行い、ステップS208、209において、採用、不採用の分類を行うと、ステップS210において各パターンで各デフォーカス量に対する点光源の集合体を得られる。

#### 【0037】

図6(a)は図4(a)、すなわちパターン1及びパターン3に対してベストフォーカスのとき、ステップS210で計算された出力結果である。図6(b)は同様に図4(b)、すなわちパターン1及びパターン3に対してデフォーカス量が0.3 $\mu$ mのとき、ステップS210で計算された出力結果である。白色の部分に1.6以上のNILSを持つ点光源が位置している。

#### 【0038】

〔8〕次に、ステップS211において、パターン1およびパターン3に対して、図6(a)に示すようなベストフォーカスの時と、図6(b)に示すような0.3 $\mu$ mデフォーカスのそれぞれの場合に対して、閾値NILS<sub>th</sub>以上のNILS値を持つ点光源のマップの論理積（論理的AND）を取ることにより、各々のL/Sパターンに対する点光源のマップとして出力する（ステップS212）。ここで論理積を取っているのは、ベストフォーカスと0.3 $\mu$ mデフォーカスのどちらの場合においても、共通に閾値以上のNILS値を持つ点光源を抽出するためである。

#### 【0039】

図7はステップS212までの計算を図6(a)と図6(b)を用いて行ったときの結果であり、白色の部分が1.6以上のNILSを持つ点光源である。

#### 【0040】

図8は、同様に、パターン2及びパターン4に対してステップS212までの

計算を行った時の出力結果である。

【0041】

〔9〕次に、ステップS213においては、ステップS212で得られたそれぞれの繰り返し周波数を持つパターンに対する点光源のマップの合成を行う。具体的には図7と図8の点光源のマップを用いて論理積（論理的AND）を取ることにより、白色の部分が重なる点を抽出する。ステップS213において二つの点光源マップ（図7，図8）の論理積を取っているのは、最適化の対象となっているパターン1～4の全てにおいて、共通して閾値 $NILSt_h$ 以上の $NILS$ 値を持つ点光源を選択するためである。

【0042】

〔10〕最後に、ステップS214において、ステップS213で出力された点光源のマップが必要な点光源数を満たしていて、かつ形状補正が必要でない時には、最適化された点光源のマップすなわち最適化されたアパーチャ形状として出力され計算を終了する。必要な点光源数に達していない時や形状補正が必要な時には、ステップS201に戻り、ステップS207において $NILS$ の閾値 $NILSt_h$ を変更して、ステップS214において条件を満たす結果が得られるまで計算を行う。必要な点光源数としては、コヒーレンス $\sigma$ が0.15以上であれば良いとする。本実施例において、有効光源座標の半径が1の円内に入る最大の点光源数は2601個であるから、ステップS214において $2601 \times 0.15 \div 390$ （個）の点光源数があれば良いことになる。

【0043】

このように第1実施例によれば、最適化されたアパーチャ形状は、最適化の対象となるパターンに対して、投影露光装置のデフォーカス変動と露光量変動の両方に対してマージンを大きく取ることができるようなアパーチャ形状となっている。このため、本実施例によって最適化されたアパーチャを用いると、最適化の対象となるパターンのフォーカス変動マージン及び露光量変動マージンを拡大することができる。

【0044】

次に、本発明の第2実施例について説明する。



## 【0045】

上記した第1実施例によって最適化されたアパーチャ形状は、有効光源座標上の閾値 $NILSt_h$ 以上の $NILS$ 値を持つ点光源の集合をアパーチャ開口部とみなして形状を決めているため、得られた最適アパーチャ形状には非常に微小な開口部が発生したり、開口部の端部に著しい凹凸が発生し、形状補正を行わなければならない可能性がある。そこで、第2実施例においては、ステップ $S214$ で出力された最適アパーチャ形状に対して形状補正を行うようにしたものである。

## 【0046】

図9は本発明の第2実施例のアパーチャの最適化方法としてのアパーチャ形状の補正方法の説明図である。

## 【0047】

アパーチャ形状の補正方法として、本実施例においては4点照明型のアパーチャを仮定して第一象限だけを考慮し、第二象限から第四象限のアパーチャ形状は第一象限と同様な方法で決定する。

## 【0048】

図9に示すように、最適化アパーチャを形成する点光源の集合の中で、規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源位置から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除いた後、原点 $O$ に最も近い点光源 $Q3$ を通る円 $C3$ をアパーチャ開口部の内径とし、最も遠い点光源 $Q4$ を通る円 $C4$ をアパーチャ開口部の外径とし、規格化像強度勾配の最大値を持つ点光源位置を各扇形アパーチャの中心 $P2$ とする。

## 【0049】

直線 $OP2$ から $\theta$ が正の方向に最も離れた点光源 $Q2$ を通る直線 $OP2$ に平行な直線を直線 $11$ とし、直線 $OP2$ から $\theta$ が負の方向に最も離れた点光源 $Q5$ を通り、直線 $OP2$ に平行な直線を直線 $12$ として引く。そして、円 $C3$ 、 $C4$ 、直線 $11$ 、 $12$ によって囲まれる領域をアパーチャ開口部とする。

## 【0050】

図 1 0 は本発明の第 2 実施例の形状補正手法によって得られた製造が容易な形状を持つ最適アパーチャの形状を示す図である。

【 0 0 5 1 】

このように、第 2 実施例の結果として最適化されたアパーチャを用いてプロセスマージンを求めた結果を図 1 1 に示す。

【 0 0 5 2 】

従来の方法として、 $NA = 0.73$ 、コヒーレンス  $\sigma = 0.85$  の投影露光装置に外半径  $\sigma_{out} = 0.85$ 、内半径  $\sigma = 0.64$  を持つ輪帯状のアパーチャを用いたときの結果を比較のために示した。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 (a) はパターン繰り返しピッチが  $0.32 \mu m$  で  $0.13 \mu m$  のライン幅を持つ L/S パターンのいわゆる E-D ウィンドウであり、図 1 1 (b) は繰り返しピッチが  $1 \mu m$  で  $0.13 \mu m$  のライン幅を持つ L/S パターンの結果である。横軸はウィンドウ DOF ( $\mu m$ ) [デフォーカスマージン] を表し、縦軸は露光裕度 (%) [各デフォーカスにおける露光量マージン EL の大きさ] を表している。

【 0 0 5 4 】

図 1 1 (a) に用いたパターンは  $NA = 0.73$ 、コヒーレンス  $\sigma = 0.85$  の投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つ L/S であり、図 1 1 (b) に用いたパターンは投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、図 1 1 (a) とは異なりほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つ L/S パターンである。

【 0 0 5 5 】

このように第 2 実施例によれば、最適化アパーチャを用いることで、従来型と比較して、投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つ L/S と、投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つ L/S の、両方のパターンの E-D ウィンドウを拡大させ、プロセスのマージンを向上させることができる。

【 0 0 5 6 】

次に、本発明の第 3 実施例として別のアパーチャ形状補正方法について説明する。

#### 【 0 0 5 7 】

本実施例においても、4 点照明型のアパーチャを仮定して第一象限だけを考慮し、第二象限から第四象限のアパーチャ形状は第一象限と同様な方法で決定する。

#### 【 0 0 5 8 】

図 1 2 に示すように、最適化アパーチャを形成する点光源の集合の中で、規格化像強度勾配の最大値をもつ点光源位置から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の $\sqrt{2}$ 倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除いた後、規格化像強度勾配の最大値をもつ点光源位置を円の中心 P 1 とし、P 1 から最も離れた点光源 Q 1 を結ぶ線分 P 1 Q 1 を半径とした円 C 2 と、露光装置の最大  $\sigma$  の描く円 C 1 とで囲まれる領域をアパーチャ開口部とする。

#### 【 0 0 5 9 】

図 1 3 に示す本実施例の結果として最適化されたアパーチャ形状を用いてプロセスマージンを求めた結果を図 1 4 に示す。従来の方法として、 $NA = 0.73$ 、コヒーレンス  $\sigma = 0.85$  の投影露光装置に外半径  $\sigma_{out} = 0.85$ 、内半径  $\sigma = 0.64$  を持つ輪帯状のアパーチャを用いたときの結果を比較のために示した。

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 4 (a) に用いたパターンは繰り返しピッチが  $0.32 \mu m$  で  $0.13 \mu m$  のライン幅を持つ L/S パターンのいわゆる E-D ウィンドウであり、図 1 4 (b) は繰り返しピッチが  $1 \mu m$  で  $0.13 \mu m$  のライン幅を持つ L/S パターンの結果である。横軸はウィンドウ DOF ( $\mu m$ ) [デフォーカスマージン] を表し、縦軸は露光裕度 (%) [各デフォーカスにおける露光量マージン EL の大きさ] を表している。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 4 (a) に用いたパターンは  $NA = 0.73$ 、コヒーレンス  $\sigma = 0.85$

の投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つ  $L/S$  であり、図 1 4 (b) に用いたパターンは投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つ  $L/S$  パターンである。

## 【 0 0 6 2 】

このように第 3 実施例によれば、最適化アパーチャを用いることで、従来型と比較して、投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つ  $L/S$  と、投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つ  $L/S$  の、両方のパターンの E-D ウィンドウを拡大させ、プロセスのマージンを向上させることができる。

## 【 0 0 6 3 】

次に、本発明の第 4 実施例についてとして更に別のアパーチャ形状補正方法について説明する。

## 【 0 0 6 4 】

本実施例においても同様に 4 点照明型のアパーチャを仮定して第一象限だけを考慮し、第二象限から第四象限のアパーチャ形状は第一象限と同様な方法で決定する。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 5 に示すように、最適化アパーチャを形成する点光源の集合の中で、規格化像強度勾配の最大値をもつ点光源位置から有効光源座標上の最小区間もしくは最小区間の  $\sqrt{2}$  倍で点光源の集合上をたどって行ったときに到達不可能である点光源を取り除いた後、原点  $O$  に最も近い点光源  $Q_3$  を通る円  $C_3$  を扇の内径とし、最も遠い点光源  $Q_4$  を通る円  $C_4$  を扇の外径とし、各象限において点光源  $Q$  と原点  $O$  とを結ぶ直線のうち、 $x$  軸となす角  $\theta$  が最大となる点光源  $Q_2$  と原点  $O$  とを結ぶ直線  $OQ_2$  を第一の直線とし、 $x$  軸となす角  $\theta$  が最小となる点光源  $Q_5$  と原点  $O$  とを結ぶ直線  $OQ_5$  を第二の直線とする。そして円  $C_3$ 、 $C_4$ 、第一の直線  $OQ_2$ 、第二の直線  $OQ_5$  によって囲まれる領域をアパーチャ開口部とする。

## 【 0 0 6 6 】

図 1 6 に示す本実施例の結果として最適化されたアパーチャ形状を用いてプロセスマージンを求めた結果を図 1 7 に示す。従来の方法として、 $NA = 0.73$

、コヒーレンス $\sigma = 0.85$ の投影露光装置に外半径 $\sigma_{out} = 0.85$ 、内半径 $\sigma = 0.64$ を持つ輪帯状のアパーチャを用いたときの結果を比較のために示した。

## 【0067】

図17(a)に用いたパターンは繰り返しピッチが $0.32\mu\text{m}$ で $0.13\mu\text{m}$ のライン幅を持つL/SパターンのいわゆるE-Dウインドウであり、図17(b)は繰り返しピッチが $1\mu\text{m}$ で $0.13\mu\text{m}$ のライン幅を持つL/Sパターンの結果である。横軸はウインドウDOF( $\mu\text{m}$ )〔デフォーカスマージン〕を表し、縦軸は露光裕度(%)〔各デフォーカスにおける露光量マージンELの大きさ〕を表している。

## 【0068】

図17(a)に用いたパターンは $NA = 0.73$ 、コヒーレンス $\sigma = 0.85$ の投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つL/Sであり、図17(b)に用いたパターンは投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つL/Sのパターンである。

## 【0069】

このように第4実施例によれば、最適化アパーチャを用いることで、従来型と比較して、投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つL/Sと、投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持つが、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つL/Sの、両方のパターンのE-Dウインドウを拡大させ、プロセスのマージンを向上させることができる。

## 【0070】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

## 【0071】

## 【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、最適化されたアパーチャを用いることにより、最適化の対象となるパターンのフォーカス変動マージン及び露光量変動マージンを拡大することができる。

【 0 0 7 2 】

また、従来型と比較して、投影露光装置の最高解像度付近の寸法とピッチを持つ  $L/S$  と、投影露光装置の最高解像度付近の寸法を持ち、ほぼ孤立とみなせる繰り返しピッチを持つ  $L/S$  の、両方のパターンの  $E-D$  ウィンドウを拡大させ、プロセスのマージンを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施例を示す投影露光装置の模式図である。

【図 2】

本発明にかかるアパーチャ最適化方法のフローチャートである。

【図 3】

本発明にかかる一次元繰り返しパターンを示す図である。

【図 4】

本発明にかかるパターン 1 及びパターン 3 に対して平均化された各点光源の持つ  $NILS$  を示す図である。

【図 5】

本発明にかかる  $EL$  と  $NILS$  の関係を一次関数でフィッティングした図である。

【図 6】

本発明にかかる各種の条件で抽出された点光源を示す図である。

【図 7】

図 6 に共通する点光源を選んだ場合の点光源を示す図である。

【図 8】

パターン 2 とパターン 4 を対象とした、 $BF$  と  $0.3 \mu m$  の共通の点光源を示す図である。

【図 9】

本発明の第 2 実施例のアパーチャの最適化方法としてのアパーチャ形状の補正方法の説明図である。

【図 10】

本発明の第2実施例の形状補正手法によって得られた製造が容易な形状を持つ最適アパーチャ形状を示す図である。

【図11】

本発明の第2実施例の最適アパーチャを用いた場合の各種パターンのプロセスウインドウを示す図である。

【図12】

本発明の第3実施例のアパーチャの最適化方法としてのアパーチャ形状の補正方法の説明図である。

【図13】

本発明の第3実施例の形状補正手法によって得られた最適アパーチャ形状を示す図である。

【図14】

本発明の第3実施例の最適アパーチャを用いた場合の各種パターンのプロセスウインドウを示す図である。

【図15】

本発明の第4実施例のアパーチャの最適化方法としてのアパーチャ形状の補正方法の説明図である。

【図16】

本発明の第4実施例の形状補正手法によって得られた最適アパーチャ形状を示す図である。

【図17】

本発明の第4実施例の最適アパーチャを用いた場合の各種パターンのプロセスウインドウを示す図である。

【符号の簡単な説明】

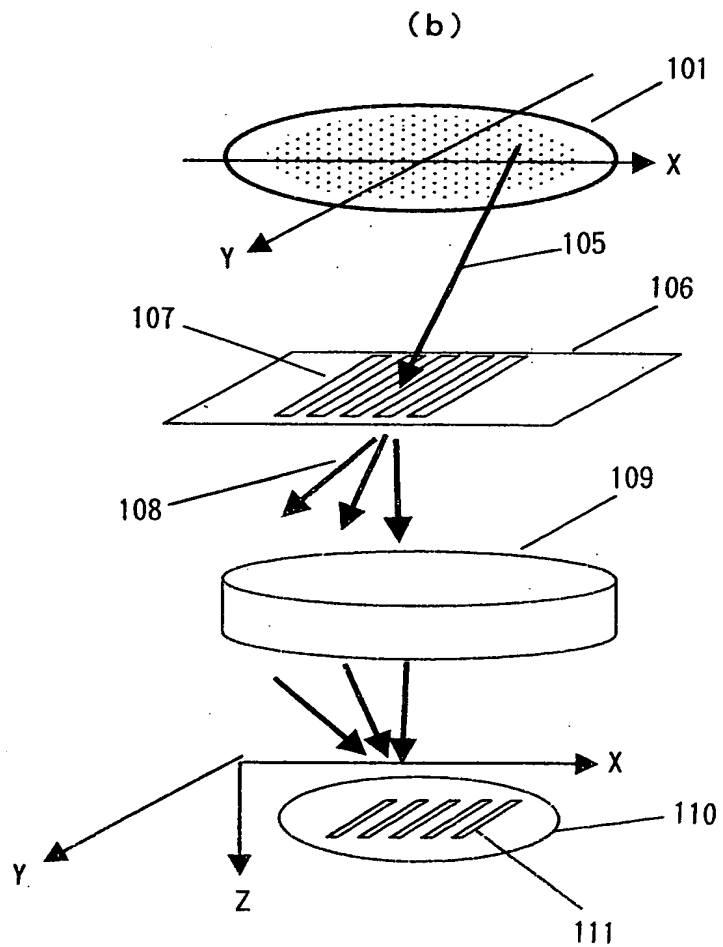
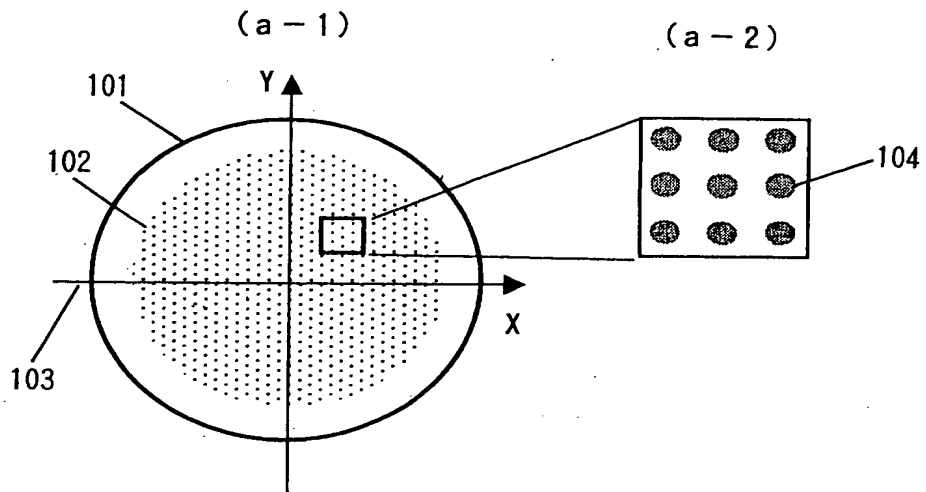
- 101      1で規格化された有効光源座標上の半径1の円
- 102      露光装置の最大 $\sigma$ 内に配置された点光源
- 103      有効光源座標
- 104      配置された1個の点光源のイメージ
- 105      レチクルへの入射光

- 1 0 6      レチクル
- 1 0 7      レチクル上のパターン
- 1 0 8      レチクル上のパターンによる回折光
- 1 0 9      投影レンズ
- 1 1 0      ウエハ
- 1 1 1      レジストに転写されたパターンのイメージ

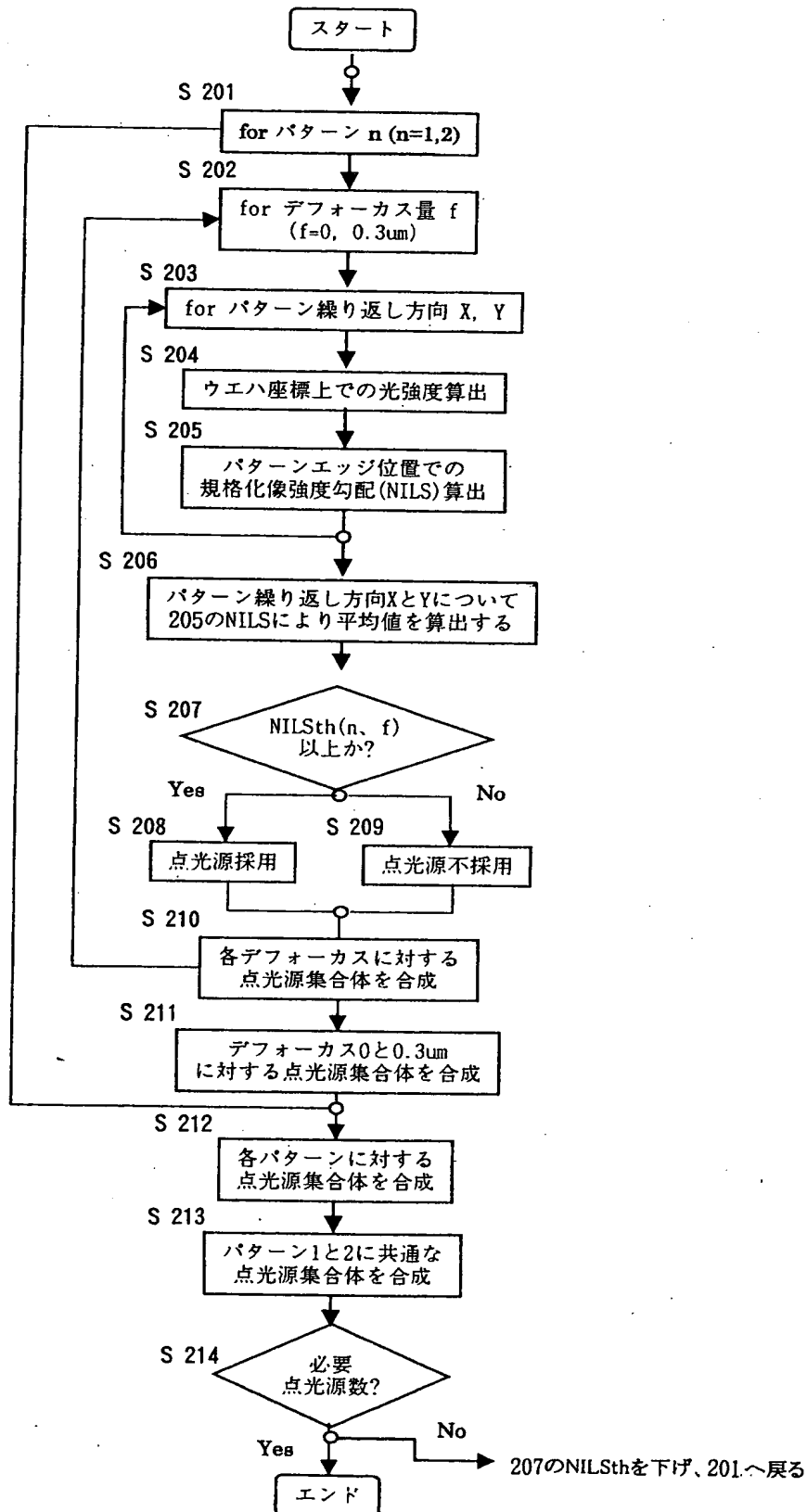


【書類名】 図面

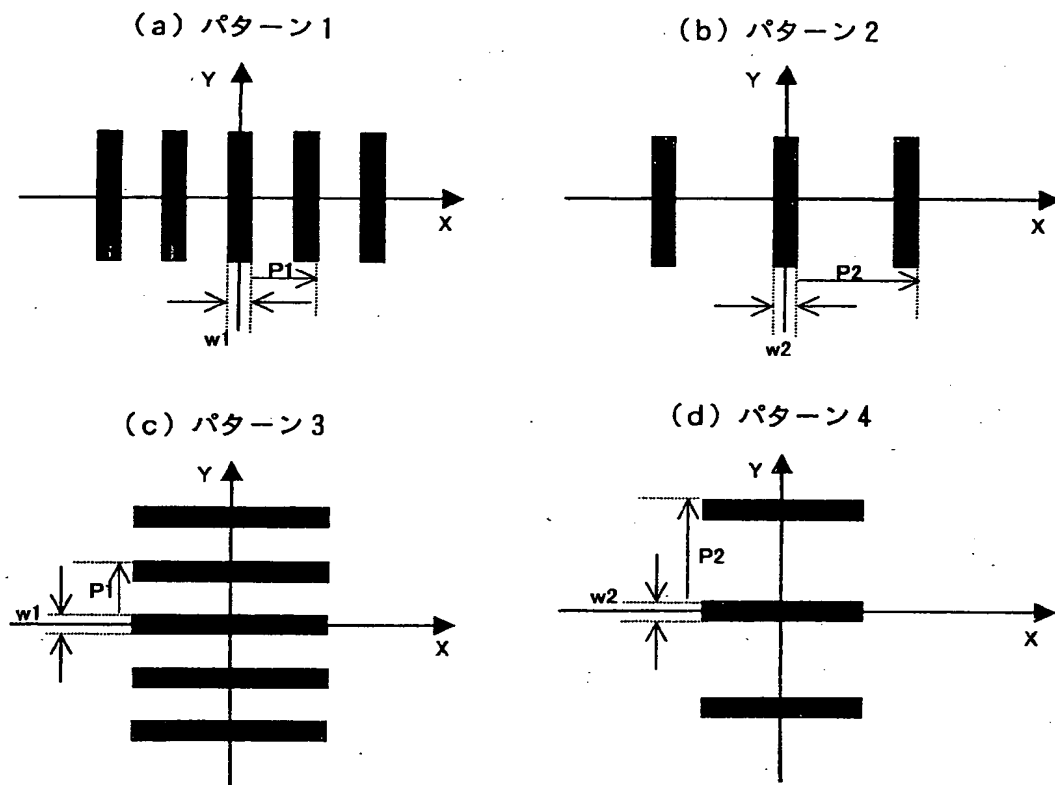
【図 1】



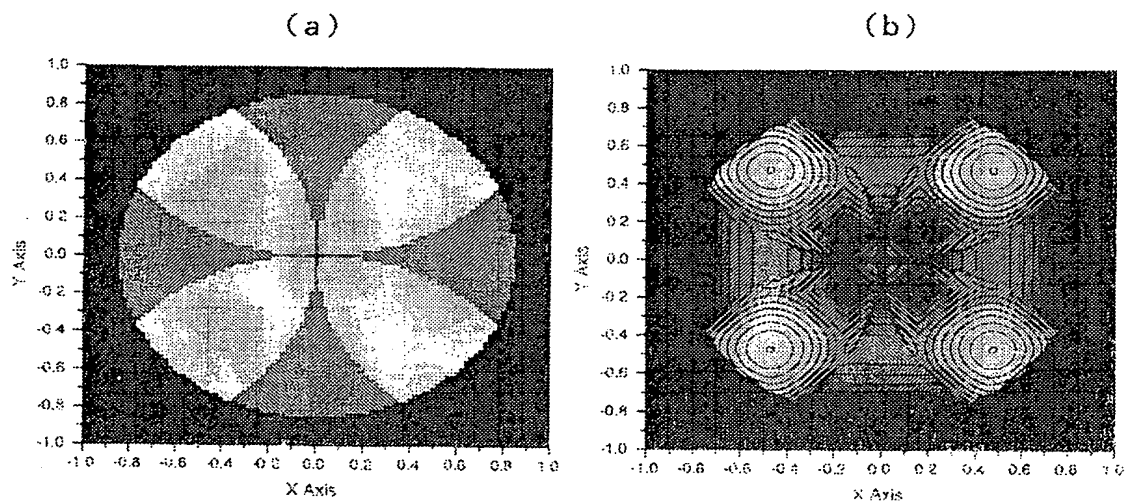
【図 2】



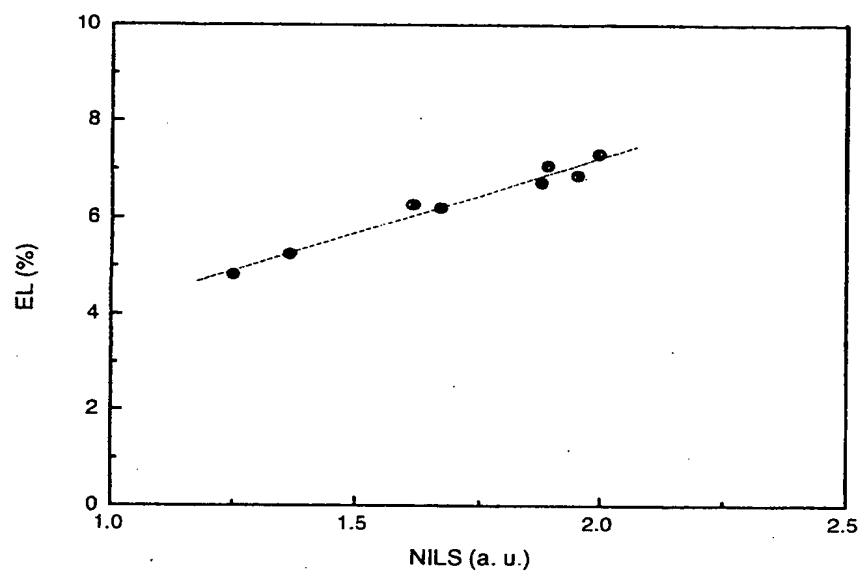
【図 3】



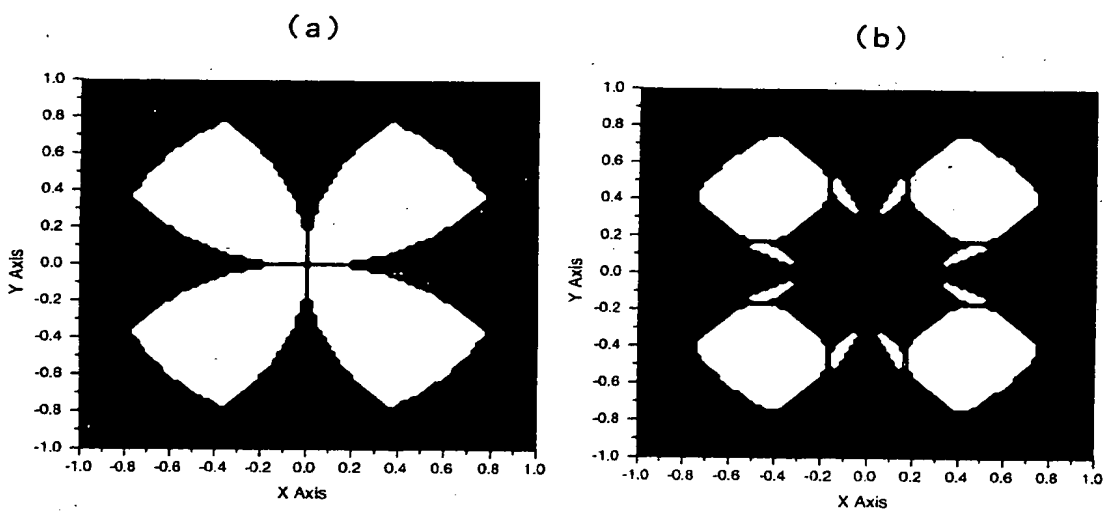
【図 4】



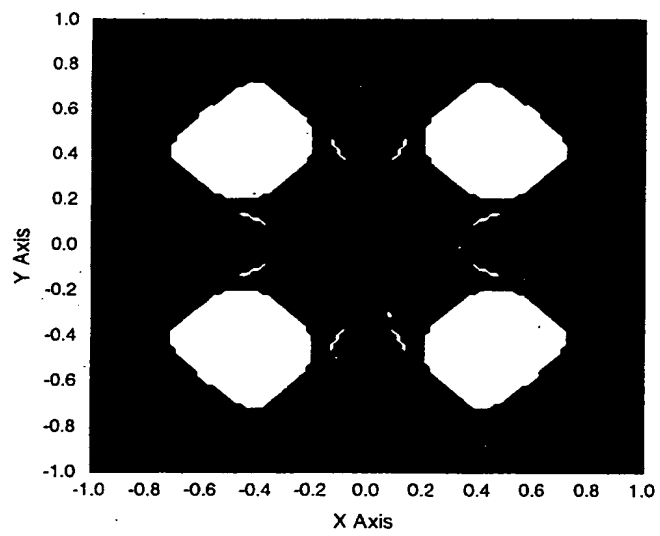
【図 5】



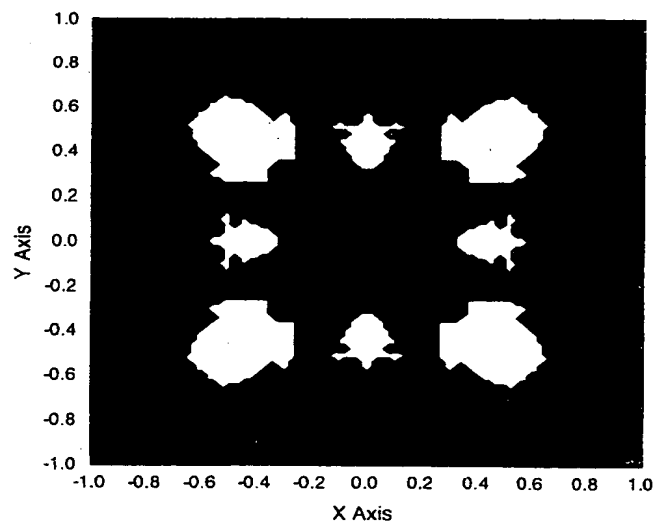
【図 6】



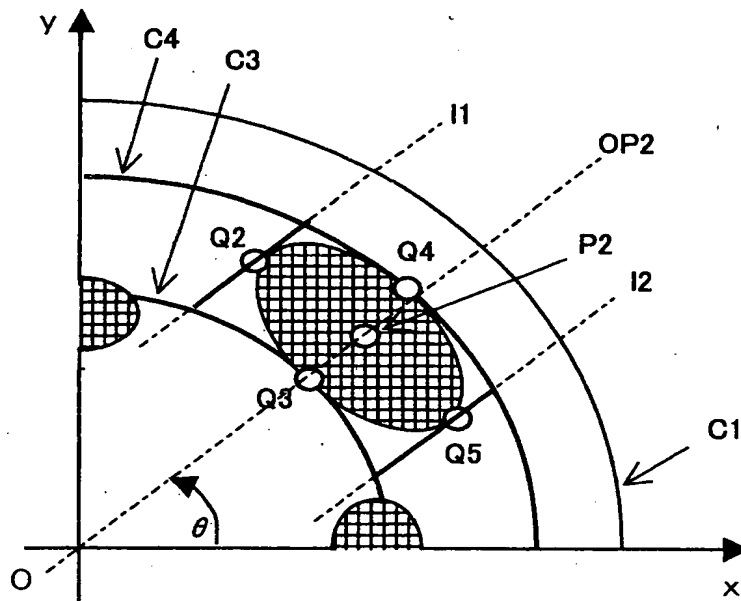
【図 7】



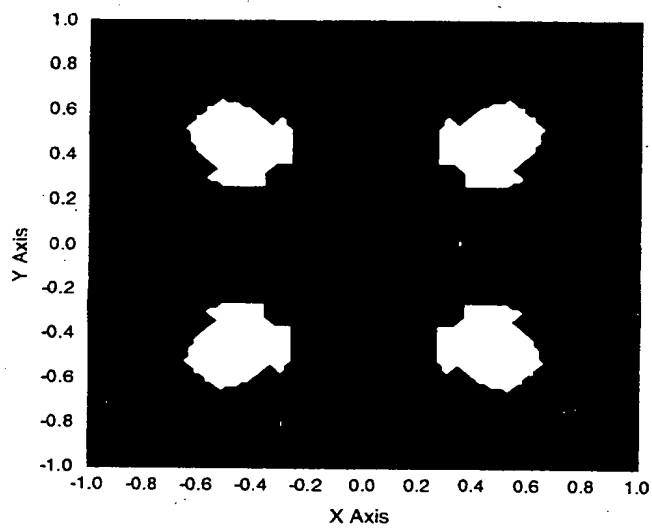
【図 8】



【図 9】

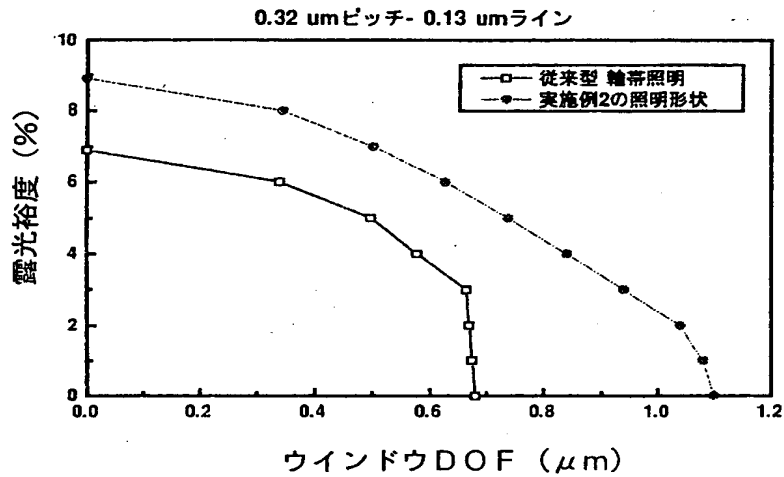


【図 10】

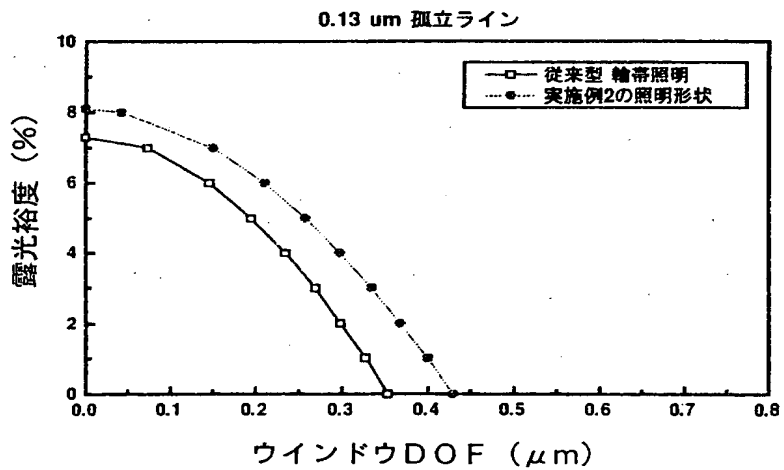


【図 11】

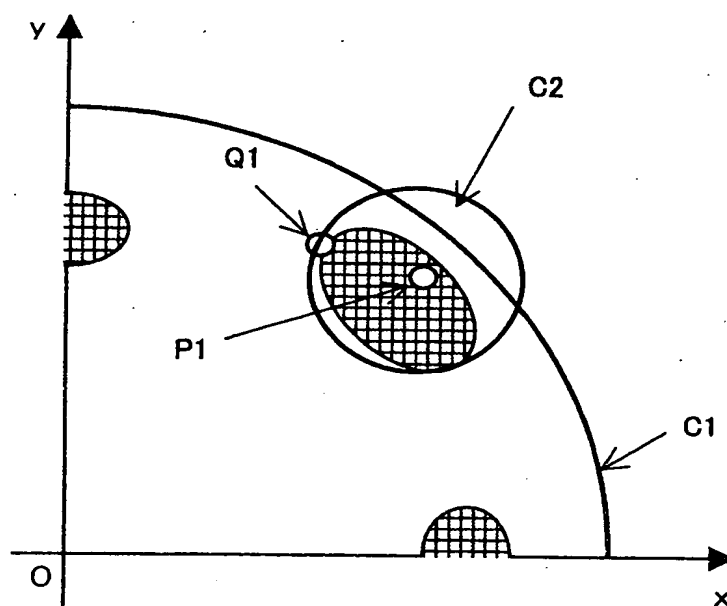
(a)



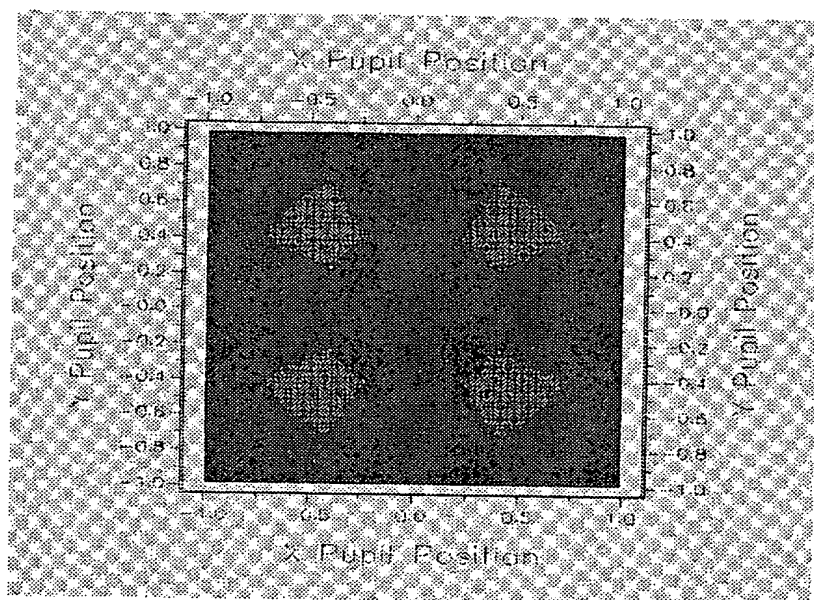
(b)



【図 1 2】

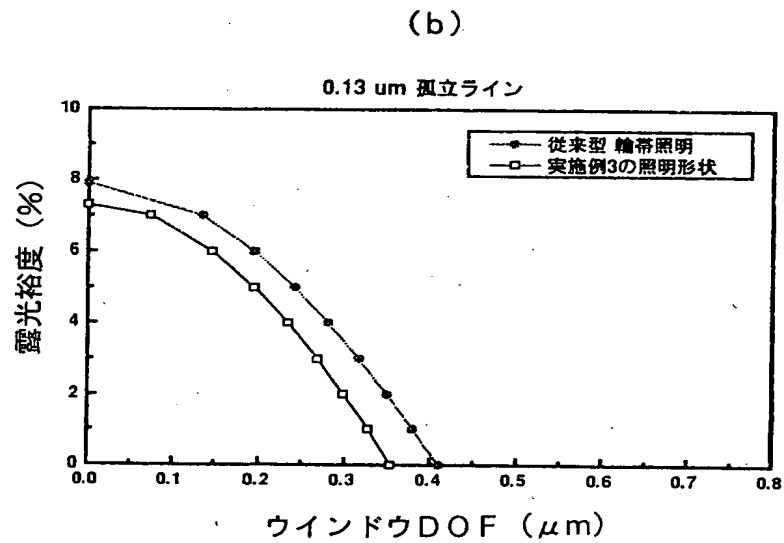
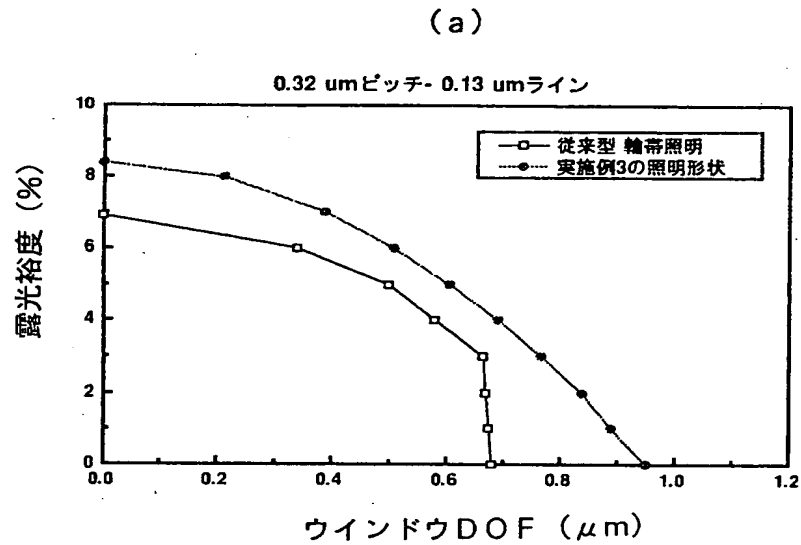


【図 1 3】

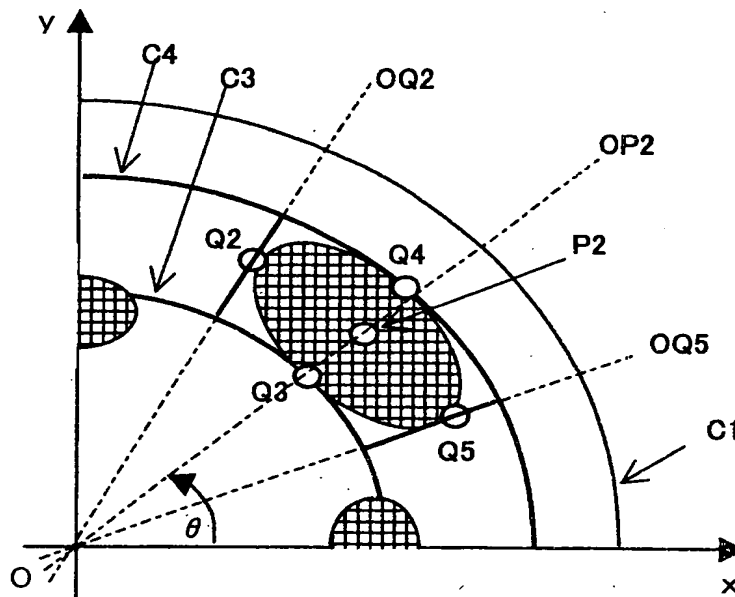




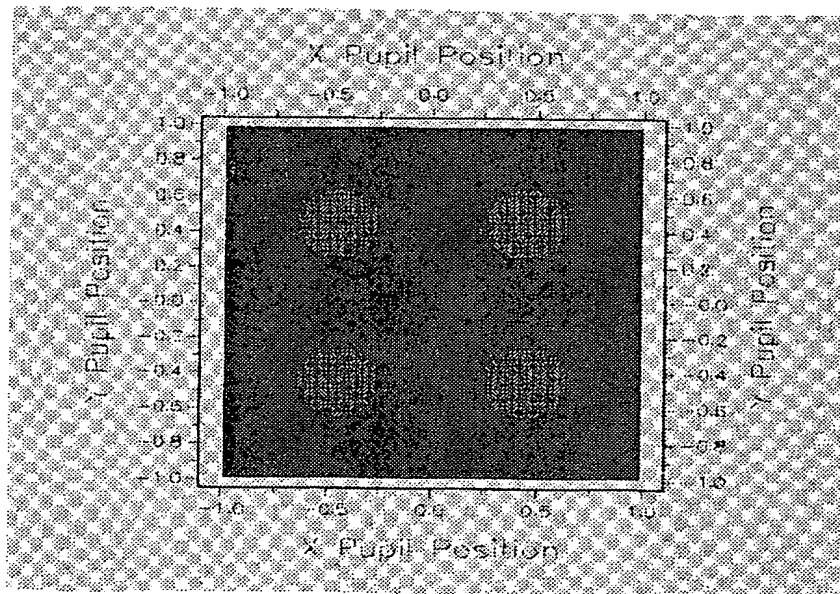
【図 1 4】



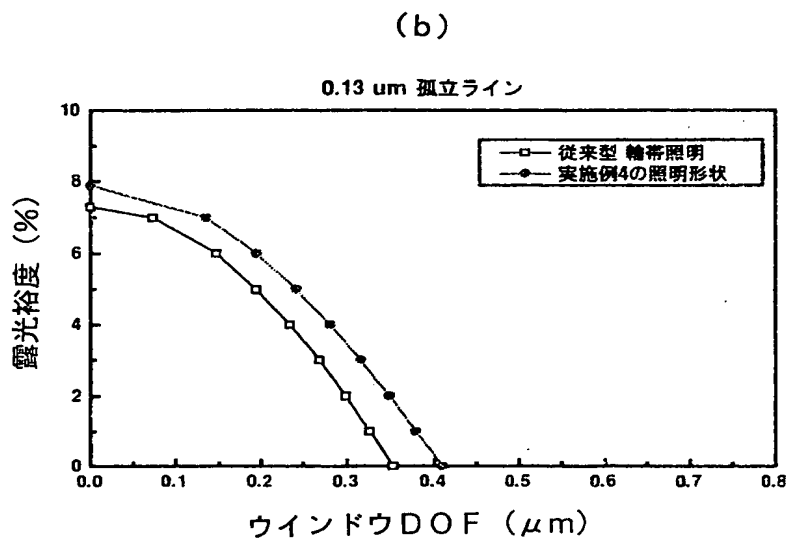
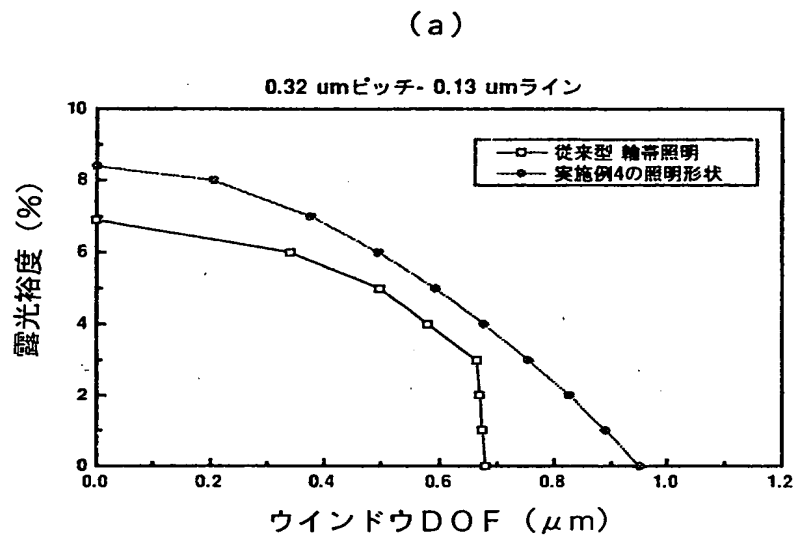
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    最適化の対象となるパターンのフォーカス変動マージン及び露光量変動マージンを拡大することができる投影露光装置のアパーチャ形状の最適化方法を提供する。

【解決手段】    投影露光装置の有効光源をアパーチャ絞りにによって制限する場合において、有効光源を多数の同一な形状と大きさを持つ微小な領域に分割し、この分割された微小な領域の中央に一個の点光源を置き、各点光源に対しての複数のパターンを対象として前記投影露光装置のフォーカス変動を考慮してウェハ上での規格化像強度勾配を求め、前記投影露光装置の露光量変動とは一次の関数で関連付けられる光強度の規格化像強度勾配を指標として用い、各々のパターンに対して最適化されたアパーチャ形状の共通開口部を選択し、この共通開口部を複数のパターンに対して最適なアパーチャ形状とする。

【選択図】        図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000295]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
氏 名	沖電気工業株式会社